

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 12 日現在

機関番号：82112

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580081

研究課題名(和文) 加害寄主の異なるゴマダラカミキリは異なる情報を使って配偶者を探索しているのか

研究課題名(英文) Do populations inhabiting different host plants use different mating cues in mating in white-spotted longicorn beetle, *Anoplophora malasiaca*?

研究代表者

安居 拓恵 (YASUI, Hiroe)

独立行政法人農業生物資源研究所・昆虫科学研究領域・主任研究員

研究者番号：80414952

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：3つの異なる寄主植物由来のゴマダラカミキリ成虫(ミカン、ブルーベリーおよびヤナギ個体群)について、寄主傷枝からの匂い成分に誘引活性があり、個体群によりそれぞれ異なる物質に誘引されることを明らかにした。本種は自身が放出する誘引性の性フェロモンを持たないと考えられるが、自身の加害する寄主植物の匂い情報を利用して配偶者探索していることが示唆された。また個体群間で雄の触角を雌体表抽出物に接触させた後の配偶行動を観察し、それぞれの個体群雌の接触性性フェロモン15成分を分析・比較した。すべての個体群ですべての成分を保持していたが、必須成分であるラクトン3成分の量が行動に影響しているものと推測された。

研究成果の概要(英文)：Adult *Anoplophora malasiaca* were collected from field populations inhabiting three different host plants: Citrus, Salix and Vaccinium. Males of three populations were attracted most frequently to odors of their original hosts, indicating that male orientation behavior was induced by the odors of the plants from which they were originally collected. We also observed the mating responses of the males to elytra extracts from young and mature females of the three populations and chemically analysed those extracts. All eight hydrocarbons, four ketones, and three lactones that were previously identified as female contact sex pheromones were found in the extracts of three populations and both ages. Higher amounts of lactones on mature females likely caused greater male responses. These results suggested that males would be more likely to approach a female feeding on the same host plant and subsequently recognize her sexual maturity based on the profile of contact sex pheromones on her elytra.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：応用昆虫学

キーワード：昆虫行動 寄主植物 配偶者探索 揮発性物質 情報化学物質 接触性性フェロモン 誘引物質 配偶行動

## 1. 研究開始当初の背景

(1) ゴマダラカミキリ *Anoplophora malasiaca* (Thomson) (Coleoptera: Cerambycidae)は北海道南部、本州・四国・九州と周囲の島々、奄美大島、沖縄島、朝鮮半島、済州島に分布する。寄主範囲が大変広く、幼虫がカンキツ類、ブルーベリーなどの果樹、ヤナギ、プラタナスやポプラなどの街路樹等の幹の内部を食害して樹勢を弱らせ、枯死させることがある。また、近縁種のツヤハダゴマダラカミキリ(*A. glabripennis*)などの *Anoplophora* 属カミキリは、分布域でないアメリカやヨーロッパにおいて、侵入警戒種とされ、侵入事例の報告が絶えない。近年、中国南部を中心に分布する *A. chinensis* がヨーロッパに侵入し、侵入された国はその根絶に躍起になっている。2008年10月にはゴマダラカミキリがオランダに輸入された庭木から発見され、欧州は日本からの盆栽・庭木の輸入規制をかけた。このようにゴマダラカミキリは日本国内だけの問題ではなく貿易問題にまで発展し始めている。

(2) カミキリムシの雌成虫は樹皮下に産卵し、ふ化した幼虫は穿孔性で樹皮下～樹幹部の中にいるため殺虫剤による防除が困難である。そのため、樹木外にいる成虫が防除のターゲットとなるが、成虫は非常に発生量が多いとされる場合でさえ平均1樹あたり1頭以下という低密度の上、成虫の移動性が大きいため効率的な防除は難しい。このような低密度でも、成虫は配偶者を見つけ出すことができることから、配偶者を探索する巧妙な仕組みがあると考えられる。それを解明し、分散している個体を1か所におびき寄せることが出来れば、効率のよい新たな防除手段開発につながる。チョウ目では性誘引フェロモンが害虫防除手段として広く用いられているが、コウチュウ目では利用例がほとんどない。ゴマダラカミキリは近縁種を含め、これまでに確かな誘引力を持つ性フェロモンは報告されていない。

## 2. 研究の目的

(1) これまでの我々の研究において性フェロモン等配偶者探索に関わる行動制御物質について研究を進め、温州ミカンで成育した個体について、成虫間の誘引物質や交尾行動を解発する接触性性フェロモンの化学構造(特許3件取得)と組成を明らかにし、視覚刺激の関与も含め本種の配偶者探索の一端を明らかにしてきた。本種の配偶者探索においては、雌雄の一方が分泌して異性を誘引する性誘引フェロモンの存在は否定的である。われわれが得た知見により、異性の誘引に関して以下のような仮説が考えられた。第一段階として、雌が摂食して傷つけた植物から揮発する匂い物質を手がかりに雄が飛翔探索し、雌がいる株に到達する、次に雄は樹上を匂い物質と視覚刺激(=黒い物体:視覚目標)を頼りに探索して雌の近傍に至る、雌の体表に

触角で直接触れることによって受容される接触性性フェロモンで相手を認識する、というものである。第一段階の植物成分の利用についてみれば、本種の寄主範囲は極めて広いので、寄主植物が異なれば利用できる匂い物質も異なると予想され、この現象は植物成分に対するゴマダラカミキリの反応が、遺伝的に決定されたものであるか、それとも成長段階における獲得形質なのか、系統分類学や行動生態学的にも興味深い。なぜ寄主範囲の広い本種が多様な寄主植物成分を利用するに至ったのか、興味深い課題であると同時に、このように“性フェロモン”的に機能する加害植物由来の物質が可塑的に変化しうることが立証されれば、これまでの性フェロモン及び昆虫による植物成分の利用研究の概念に大きなインパクトを与えるものである。

(2) 寄主範囲の狭い昆虫については特定の寄主の匂いに誘引されるという報告はあるが、寄主範囲の広い昆虫についての知見は対象が広範になり煩雑さが伴うためか、あるいは何にでもくるので特定の植物の情報などは使っていないという思い込みからか、ほとんど報告が無い。非常に広い寄主範囲を持つ本種には、寄主によって異なるレースが存在するのか、種、亜種レベルの違いがあるのか(先天的)、あるいは幼虫/成虫時代の寄主植物による学習効果の有無等の要因に基づくのか(後天的)を明らかにすることは、科学的にも興味深いばかりか防除へ向けた基礎的知見にもなる。接触性性フェロモンについても、寄主植物が異なると異なる成分を保持しているのか、あるいは個体群間の成分の違いの有無が解明されると、分類学的にも、行動生態学的にも興味深い上に、防除手法開発の基礎となる。以上のような研究は、世界的にも行われた例は無い。本研究は、加害した寄主植物のにおいを利用するユニークな配偶システムを持つ本種の新規防除法を開発するために、未着手の異なる寄主植物における配偶者探索行動を詳細に解析し、誘引物質の探索・同定及び配偶行動を解発する接触性性フェロモン物質の分析を通して、本種の交尾戦略及び植物成分に対する反応が決定されるメカニズムを解明する。

## 3. 研究の方法

(1) 日本各地で寄主植物の異なるゴマダラカミキリ個体群を採集し、温州ミカン、ヤナギおよびブルーベリー個体群等について、それぞれ寄主枝への誘引現象を確認する。さらに、異なる寄主植物の匂いに対する誘引についても比較する。誘引にかかわる主要な物質について、行動アッセイを指標に各種クロマトグラフィーにより分画、分離し、質量分析計(MS)及び核磁気共鳴装置(NMR)を用いた化学分析等により誘引活性物質を同定する。(2) 接触性性フェロモンについてはそれぞれの個体群間での接触後の配偶行動の有無を確認する。接触性性フェロモンについては、

雌体表成分を有機溶媒で抽出し、各種クロマトグラフィーにより分画、分離を進め、MS分析及びNMR等による化学分析を行い、それぞれの個体群で異なる成分の有無を明らかにする。以上の情報をもとに配偶者探索における植物起源の誘引物質と接触性フェロモンの機能を明らかにする。

#### 4. 研究成果

(1) 3つの異なる寄主植物由来のゴマダラ成虫(ミカン個体群、ブルーベリー個体群、およびヤナギ個体群)を採集し以下の実験を行った。ブルーベリーおよびヤナギ個体群については、それぞれの寄主枝の匂いへの誘引現象を確認し、配偶者探索行動を詳細に解析し、寄主植物の傷枝からの揮発性物質に誘引活性があることを明らかにした。活性物質の探索・同定を行い、それぞれ異なる誘引物質を利用していることを明らかにした。

(2) さらにゴマダラカミキリの寄主植物への誘引現象を多角的に調査するために、3個体群を用いて異なる寄主枝の匂いに対する誘引現象を確認した。自身の加害する寄主植物の匂い情報を利用して配偶者探索していることが示唆される結果が得られた(図1)。ゴマダラカミキリは自身が放出する誘引性の性フェロモンを持たないと考えられるが、寄主植物範囲の広い本種は、自身の加害する寄主植物の匂い情報を利用して配偶者探索していることが示唆される。

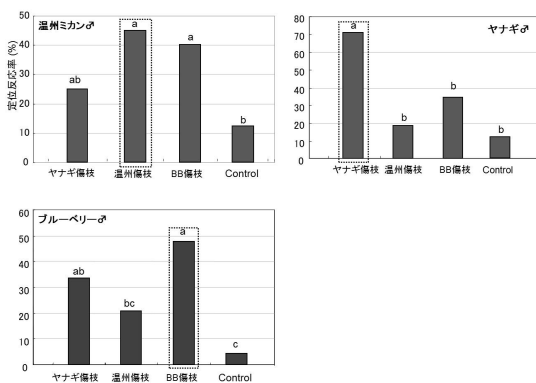


図1 寄主の異なる個体群オスが示す3種の寄主傷枝の匂いに対する誘引反応

(3) 個体群間でオスの触角をメス体表抽出物に接触させた後の配偶行動を観察したところ、異なる個体群間では反応に違いが認められたことから(表)、それぞれの個体群のメスの接触性フェロモン成分を分画、分析し、成分の有無、含有量等を比較した。その結果、すべての個体群ですべての接触性フェロモン成分を保持していることが明らかとなり、また比較した15成分のうち必須成分であるラクトン3成分の量が行動に影響しているものと推測された。以上より、本種は自身の加害する寄主植物の匂い情報を利用して配偶者探索し、最終的にオスは個体群によ

らず共通する接触性フェロモン成分を認識して同種メスであることを確認して交尾行動に至ると考えられる。

	ミカン 未成熟 ♀	ミカン 成熟 ♀	BB 未成熟 ♀	BB 成熟 ♀	ヤナギ 未成熟 ♀	ヤナギ 成熟 ♀
ミカン ♂	47 <sup>b</sup> <sub>A</sub>	83 <sup>a</sup> <sub>A</sub>	87 <sup>a</sup> <sub>A</sub>	100 <sup>a</sup> <sub>A</sub>	93 <sup>a</sup> <sub>A</sub>	100 <sup>a</sup> <sub>A</sub>
BB ♂	3 <sup>d</sup> <sub>B</sub>	0 <sup>d</sup> <sub>C</sub>	30 <sup>bc</sup> <sub>B</sub>	63 <sup>ab</sup> <sub>B</sub>	20 <sup>cd</sup> <sub>B</sub>	67 <sup>a</sup> <sub>B</sub>
ヤナギ ♂	5 <sup>b</sup> <sub>B</sub>	36 <sup>ab</sup> <sub>B</sub>	50 <sup>a</sup> <sub>B</sub>	43 <sup>a</sup> <sub>B</sub>	45 <sup>a</sup> <sub>B</sub>	55 <sup>a</sup> <sub>B</sub>

表 様々な条件のメス抽出物を塗布したガラスモデルに対する3個体群オスの配偶行動反応率

	A	B	C
ミカン未成熟♀	trace	trace	trace
ミカン成熟♀	100	60	100
BB未成熟♀	50	40	130
BB成熟♀	100	100	270
ヤナギ未成熟♀	30	30	90
ヤナギ成熟♀	150	140	320

O=C1C(=O)C(O)C(O)C1  
Gomadalactone A

O=C1C(=O)C(O)C(O)C1  
Gomadalactone B

O=C1C(=O)C(O)C(O)C1  
Gomadalactone C

図2 メスの接触性フェロモン成分のうち成熟メスと未成熟メスで違いが認められたゴマダラクトン成分群の相対含有量とその化学構造

(4) また、本研究中に新たにゴマダラカミキリの人工飼育を計画した。野外メス成虫から採卵し、孵化した幼虫を人工飼料で飼育して、ある程度の成虫(歩留り1割程度)が得られる見込みが立ったので、飼育虫を用いて幼虫時の寄主と羽化後摂食した寄主植物のどちらにオス成虫が定位反応を示すか、オスの定位反応を解発する寄主傷枝の匂い情報がどの段階で獲得されるのかを明らかにする実験を行った。同時に、3種の寄主枝を供試して寄主選好性についても調べた。結果は、羽化後一週間の時点(摂食前)では幼虫時の餌である人工飼料の匂いに高頻度で定位したが、後食すると後食した寄主植物の匂いに対してより高い反応を示した(図3)。この結果から、幼虫時に摂食した寄主植物の情報は羽化直後は保持されるが、羽化後に摂食する植物によってその情報は塗り替えられる可能性が示された。

(5) 同時に3種の寄主枝を供試して寄主選好性および消費量についても調べたところ、オスとメスでは違いが認められ、オスのほうが直近に摂食した寄主植物をより好んだ。これらの結果から、オスは置かれた状況に適應して、その状況下で他個体による摂食で傷ついた枝の匂い情報を利用して配偶相手を探索しているのではないかと考えられた。

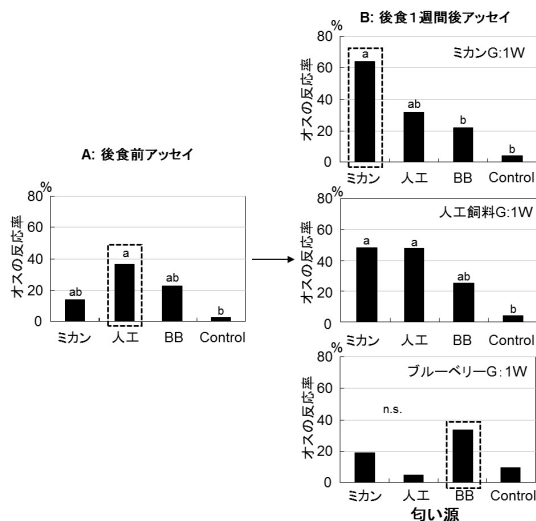


図3 3種の寄主植物の匂いに対する後食直前および後食後のオスの誘引反応

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4件)

Yasui H, Fujiwara-Tsujii N (2013) The effects of foods consumed after adult eclosion on the mate-searching behavior and feeding preferences of the white-spotted longicorn beetle *Anoplophora malasiaca* (Coleoptera: Cerambycidae) 査読有 *Applied Entomology and Zoology* 48: 181-188 DOI 10.1007/s13355-013-0169-3

Fujiwara-Tsujii N, Yasui H, Wakamura S (2013) Population differences in male responses to chemical mating cues in white-spotted longicorn beetles, *Anoplophora malasiaca*. *Chemoecology* 査読有 23: 113-120 DOI 10.1007/s00049-013-0126-1

安居拓恵(2013) かじった枝の匂いは異性の香り? ゴマダラカミキリの配偶者探索行動. *昆虫と自然 特集/カミキリムシの生態と行動* 48(5): 4-8 査読なし

Fujiwara-Tsujii N, Yasui H, Wakamura S, Hashimoto I, Minamishima M (2012) The white-spotted longicorn beetle, *Anoplophora malasiaca* (Coleoptera: Cerambycidae), with a blueberry as host plant, utilizes host chemicals for male orientation. *Applied Entomology and Zoology* 査読有 47(2):103-110 DOI 10.1007/s13355-012-0095-9

[学会発表](計 4件)

安居拓恵・辻井直 (2014) ゴマダラカミキリの配偶者探索に關与する寄主植物の匂いと接触性フェロモン. 第58回日本応用動物昆虫学会大会. 2014年3月27日高知大学朝倉キャンパス(高知県)

Fujiwara-Tsujii N, Yasui H. (2013) Male responses to chemical mating cues in different

populations of white-spotted longicorn beetles, *Anoplophora malasiaca*: hypothesis of mate location and recognition system. **International Chemical Ecology Conference 2013**, August 19-23, Melbourne, Australia.

安居拓恵・辻井直 (2013) ゴマダラカミキリ3個体群間の配偶行動とコンタクトフェロモン成分との関係. 第57回日本応用動物昆虫学会大会 2013年3月28日日本大学生物資源科学部(神奈川県)

安居拓恵・辻井直 (2012) ゴマダラカミキリの定位反応を解発する寄主傷枝の匂い情報はいつ獲得されるのか. 第56回日本応用動物昆虫学会大会 2012年3月29日 近畿大学農学部(奈良県)

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

安居 拓恵 (YASUI Hiroe)

独立行政法人農業生物資源研究所・昆虫科学研究領域・主任研究員

研究者番号: 80414952

#### (2) 研究分担者

辻井(藤原) 直 (FUJIWARA-TSUJII Nao)

独立行政法人農業生物資源研究所・昆虫科学研究領域・研究員

研究者番号: 40568440